

**ZEIT- UND SCHICHTGEBUNDENHEIT
DES BERYLLIUMS IM PALÄOZOIKUM
DER OSTALPEN UND DESSEN BEZIEHUNG
ZU WOLFRAM (SCHEELIT)**

Jorge Cardoso

1973
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553803_0074

Zeit- und Schichtgebundenheit des Berylliums
im Paläozoikum der Ostalpen und dessen
Beziehung zu Wolfram (Scheelit)

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Geowissenschaften
der Ludwig-Maximilian-Universität in München



vorgelegt von
Jorge Cardoso
München 1973



Tag der mündlichen Prüfung: 27.11.1973

Erster Berichterstatter: Prof. Dr. Ing. A. Maucher

Zweiter Berichterstatter: Prof. Dr. H.G. Huckenholz

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	Seite I
Abkürzungen.....	II
Einführung.....	1
A) Problemstellung.....	2
B) Das Probematerial.....	2
C) Methodik.....	3
D) Einige Betrachtungen über die geologische Karte und Fundpunkte.....	3
E) Kurze Übersicht über die Geochemie des Berylliums.....	5
F) Durchführung der Untersuchungen	
I) Die Spektralanalyse.....	6
a) Probenvorbereitung.....	6
b) Die Eichproben.....	6
c) Die Nachweisgrenzen.....	7
d) Durchführung der Analysen.....	7
e) Ergebnisse.....	10
II) Vorkommen von Beryllium in nicht Be-Mineralien.....	13
III) Petrographische Untersuchungen	
a) Beryll-führende Proben.....	18
b) Nicht Beryll-führende Proben jedoch mit erwähnenswerten Be-Gehalten.....	24
c) Messungen an Hornblenden der Habachserie.....	26
d) Ein Quarz-Scheelit-Tuff aus dem Seyfried-Graben.....	26
G) Zusammenfassung.....	39
Literaturverzeichnis.....	41

Beilage: "Fundpunkte mit Beryllium- und/oder Wolfram-
(Scheelit)-Führung im Bereich des Tauernfen-
sters und des südlich angrenzenden Gebietes"

A B K Ü R Z U N G E N

Ber	.....	Beryll
Bi	.....	Biotit
Cal	.....	Calcit
Chl	.....	Chlorit
Ep	.....	Epidot
Gl	.....	Glimmer
Gr	.....	Granat
Hbl	.....	Hornblende
Mu	.....	Muskovit
Plg	.....	Plagioklas
Qu	.....	Quarz
"s"	.....	Gefügefläche
Sch	.....	Scheelit

Einführung

In seiner Veröffentlichung über die Antimon - Wolfram - Quecksilber- Formation hat A. MAUCHER (1965) darauf hingewiesen, dass viele Lagerstätten mit Antimonit, Scheelit und/oder Zinnober gebunden an altpaläozoische Schichten in genetischer Abhängigkeit von einem submarinen basischen Vulkanismus auftreten. Die alte Theorie vom Granit als dem alleinigen Erzbringer stand im Widerspruch zu dieser Feststellung, und eine völlig neue Auffassung über die genetischen Gesetzmässigkeiten dieser Lagerstätten wurde damit in die Lagerstättenkunde eingeführt. Da in einer Reihe von Scheelit-Vorkommen dieser Genese Berylliumgehalte beobachtet worden waren (MAUCHER, A. & HÖLL, R. 1968), trat die Frage auf, ob hier gesetzmässige Abhängigkeiten zwischen Scheelitvererzung und Berylliumführung bestehen. Die nachfolgende Arbeit sollte einen Beitrag zur Klärung dieser Frage liefern.

A) Problemstellung

Es wurde mit dieser Arbeit in erster Linie angestrebt, die Frage zu klären, ob im ostalpinen Raum eine Schicht- und Zeitgebundenheit des Berylliums und eine Beziehung zu Wolfram besteht. Hierfür wurden über 200 Proben aus verschiedenen Serien der Ostalpen geochemisch und petrographisch analysiert. Da das Wolfram in der Habachserie besonders stark angereichert ist, und das Beryllium in dieser Serie häufig vorkommt, wurde ihr besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Wegen des häufigen Auftretens einiger Elemente wie z.B. Wismut und Molybdän, wurden ferner die Beziehungen zwischen diesen und den oben genannten Elementen untersucht.

Schließlich wurde auch überprüft, ob in den Proben, in denen zwar Beryllium aber keine Berylliumminerale nachgewiesen werden konnten, das Beryllium bevorzugt in einem Mineral angereichert ist.

B) Das Probenmaterial

Das mir zur Verfügung gestellte Probenmaterial bestand aus Bohrkernen der Lagerstätte Felbertal (südlich Mittersill)⁺⁾ , sowie aus Handstücken, deren Herkunft aus den Tabellen Seite 29 bis 37 und beiliegender Karte zu entnehmen ist. Die 24 Proben von der Kreuzeckgruppe und von Obertilliach (s.S. 38) wurden mir, freundlicherweise vom Herrn L. Lahusen zur Verfügung gestellt.

⁺⁾ s. Beilage, Fundstellen 25 und 26

C) Methodik

Die Untersuchung erfolgte hauptsächlich an Hand von Dünn- und An-schliffen, sowie geochemisch mittels Spektralanalyse. Für die nähere Untersuchung von fünf berylliumhaltigen Proben wurde eine Mineraltrennung durchgeführt. Die Hornblendebestimmungen erfolgten am U-Tisch. Die Plagioklase liessen sich nur sehr schlecht bestimmen, da sie meist in Form von sehr frischen Blasten (ohne Zwillingslamellen und ohne Spaltrissen), oder stark eingebuchtet, beziehungsweise serizitisiert vorliegen⁺). Bei heterogenen Gesteinen, sowie bei den Bohrkernen aus dem Felbertal, die meist aus hellen und dunklen Lagen bestehen, wurden nach Möglichkeit helle und dunkle Teile getrennt analysiert.

D) Einige Betrachtungen über die geologische Karte und Fundpunkte.

In der beigelegten Karte (Anlage), zusammengestellt nach den Unterlagen von TOLLMANN (1963), FRASL (1958), FRASL und FRANK (1966), LAHUSEN (1969), HÖLL (1971) und WAGNER (1972), wurde auf die übliche tektonische Gliederung verzichtet und eine stratigraphische Einteilung bevorzugt. Dies geschah nicht ohne gewisse Schwierigkeiten, zumal das Alter vor allem der alten Gesteine noch nicht restlos geklärt ist. So ist z.B. die Altersstellung des sogenannten "Altkristallins" noch unsicher obwohl die Annahme eines mindest altpaläozoischen Alters zweifellos berechtigt ist.

⁺) Grobe U-Tisch-Messungen ergaben für Plagioklase der Habachserie An-Gehalte die für Albit-Oligoklas sprechen.

Im Mesozoikum befinden sich zahlreiche Späne von paläozoischen Gesteinen, die in die Karte, wegen des kleinen Maßstabes und wegen der besseren Übersicht, nicht eingetragen werden konnten. Einige der Scheelit-Fundpunkte liegen auf solchen Gesteinsspänen, die dann mit der entsprechenden Signatur gekennzeichnet wurden (z. B. 54 und 55).

Die Stellen 84 bis 96 sind aus der allgemeinen Literatur entnommen worden, wo es leider oft an genauen Angaben fehlt. Da aber die eingetragenen Kreise und Vierecke große Bereiche einschließen, dürften, bis auf ein paar Ausnahmen, die eigentlichen Fundpunkte von ihnen mit guter Sicherheit erfaßt werden.

Von den Fundstellen 84 und 85 berichtet MEIXNER (1955 und 1957). Über die Stelle 86 berichtet HIMMELBAUER (1939) und über 87 KOEHLIN (1905). Die Punkte 88 bis 92 wurden von HABERLANDT und SCHIENER (1951) angegeben. Der von diesen Autoren mitgeteilte Bavenit-Fundort fällt etwa mit Punkt 47 zusammen. Die Bestimmung als Bavenit wird aber von MEIXNER (1957) in Frage gestellt. STRASSER (1973) erwähnt die Eckelgrube im hinteren Angertal (93) als Scheelit-Fundstelle. Von diesem Verfasser wird aus einem Schnitt der Straße die "von Böckstein nach Sport-Gastein ins Naßfeld" führt, Beryll gemeldet, und aus den Sigrunstollen Scheelit. Beide Fundpunkte stehen unter dem Titel "Sigrunstollen". Da die Entfernung beider Punkte nicht angegeben wird und ich die Lage der Sigrunstollen in der Literatur nirgends fand, nahm ich aus der Beschreibung an, daß beide Stellen mit Punkt 49 (22 nach HÖLL, 1971) zusammenfallen und habe von ihnen abgesehen.

Punkt 94 wurde aus CANAVAL (1911) entnommen und mit Hilfe der geologischen Karte der Umgebung von Badgastein nach EXNER (1956) eingetragen. Mit Hilfe dieser Karte wurde auch die Eintragung der von HABERLANDT und SCHIENER (1951) erwähnten Stellen erleichtert. Von

KIESLINGER (1956) wird eine Beryll-Fundstelle beschrieben, die unmittelbar nördlich Spittal liegt (95) und KONTRUS (1956) meldet das Auftreten von Milarit am Säulkopf-Nordwand (Osttirol) - 96 (mutmaßliche Stelle).

E) Kurze Übersicht über die Geochemie des Berylliums

Mit einem Durchschnittsgehalt von 3,5 ppm in der äußersten Lithosphäre (BEUS, 1966) gehört Beryllium zu den seltenen Elementen. Von den verbreitesten Eruptivgesteinen weisen diejenigen mit Feldspatvertretern den höchsten und die basischen Gesteine den niedrigsten Beryllium-Gehalt auf. Bei den Sedimentgesteinen wurden die größten Be-Konzentrationen in Tonen bzw. in tonigen Gesteinen beobachtet. In Metamorphgesteinen sind im allgemeinen die Be-Konzentrationen sehr gering.

Beryllium-Anreicherungen wurden bisher meist in Granit-Pegmatiten gesucht. In den letzten Jahren sind aber mehrere bedeutende Vorkommen gefunden worden, die in enger Beziehung mit jungen Vulkaniten (oft Tuffe) stehen. In einigen Fällen durchschlagen aber diese Vulkanite paläozoische Serien. Besonders interessant sind in der Western Seward -Halbinsel (Alaska) Erzgänge mit Berylliummineralien, die neben basischen Efusivgesteinen (und weit von Granit) liegen. In Frankreich (Framont-Grandfontaine - Unter-Rhein) wurden vor kurzer Zeit in paläozoischen sedimentären Tuffen Berylliummineralien und Scheelit gefunden.

Obwohl thermale Wässer meist geringe Be-Gehalte aufweisen, fand WARNER (1959) in Fe-Mn-W-reichen Tuffen, die von thermalen Wässern abgesetzt wurden, Beryllium-Konzentrationen bis 60 ppm.

Von den 44 bekannten Berylliummineralien kommen in den Ostalpen nur ca 8 vor und von diesen 8 meist nur 2 - Beryll und Euklas. Da letzteres von vornherein ein seltenes Mineral ist, bleibt Be-

ryll allein als häufigstes Berylliummineral der Ostalpen.

F) Durchführung der Untersuchungen

I) Die Spektralanalyse

a) Probenvorbereitung

Nach Zerkleinerung im Stahlmörser wurde das Probematerial in der Achatschale nochmals zerrieben und schließlich durchgemischt. Zu 50 mg der so gewonnenen Proben wurden 50 mg einer Mischung von Kohle (spektralrein) und einer Verbindung des Vergleichselements (VVE) im Verhältnis 49:1 zugegeben, so daß sich insgesamt folgendes Verhältnis ergab:

Probe : Kohle : VVE = 50:49:1. Bei den Proben, die das Vergleichselement schon enthielten, wurde dieses zuerst bestimmt und sein Gehalt in der Mischung Kohle + VVE berücksichtigt. Dann folgte eine gründliche Durchmischung in der Achatschale.

b) Die Eichproben

Zur Herstellung der Eichproben wurden spektralreine Substanzen der Firma Mathews (London) verwendet. Die Grundsubstanz wurde aus 70% SiO_2 und 30% Al_2O_3 angefertigt. Von der Grundsubstanz wurden 474 mg mit 24 mg WO_3 und 2 mg BeO in der Achatschale gemischt. Die Hälfte dieser Mischung wurde dann wiederum mit der gleichen Menge der Grundsubstanz gemischt und die gleiche Operation so oft wiederholt, bis die ppm-Zahl für Be auf 1,4 und für W auf 37,1 sank. Dann wurden 50 mg jeder Eichmischung mit 50 mg des Gemischs Kohle + spektralreinem Cr_2O_3 (Verbindung des Vergleichselements)

im Verhältnis Kohle : Cr_2O_3 = 49:1, zusammen gerührt. Für die Cr-Bestimmungen ist eine Grundsubstanz aus 70% SiO_2 , 28% Al_2O_3 und 2% Fe_2O_3 zubereitet und dieser Cr_2O_3 hinzugegeben worden.

c) Die Nachweisgrenzen

Für die Be(II)-Linie 3130,42 liegt, bei klarem Untergrund, die Nachweisgrenze bei ca. 1 ppm, während sie, ebenfalls bei klarem Untergrund, für die W(I)-Linie 2946,98 bei ca. 100 ppm liegt.

d) Durchführung der Analyse

Zur Bestimmung der Beryllium- und Wolfrangelhalte wurden die Be(II)-Linie 3130,42 und die W(I)-Linie bei 2946,98 Å verwendet. Nach meiner Erfahrung ist diese Be-Linie empfindlicher als die Be(I) 2348,61 in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von PIERUCCINI (1943).

Es wurde angestrebt, ein oder zwei Vergleichselemente zu finden, die zwei geeignete Vergleichslinien für diejenigen von Be und W liefern. Nach langwieriger Suche fand ich beim Cr zwei Linien die die Bedingungen der Linien eines Vergleichselementes ziemlich gut erfüllen; es sind dies die Linien Cr(II) 3118,65 für Be sowie Cr(I) 2980,79 für W. Abb. 1, a und b zeigt die entsprechenden, von mir aufgestellten "Abfunkkurven". V(II) 3130,27 kann sich auf Beryllium störend auswirken, wenn Vanadium in großen Konzentrationen vorliegt. Eine Korrektur war nur sehr selten notwendig. W 3130,46 wirkte sich nicht störend aus. Als Apparaturen wurden der Prismen-Quarzspektrograph (Bauart Mannkopf) der Firma B. Halle Nachf. Berlin-Steglitz und das Universal-

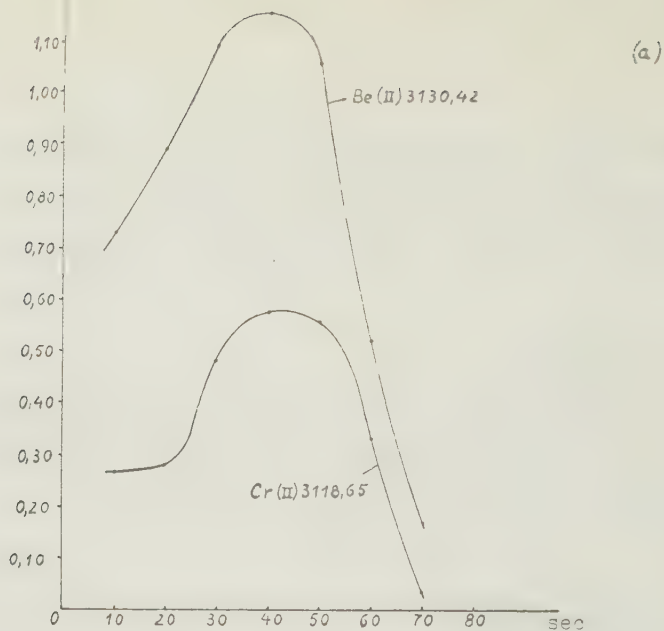
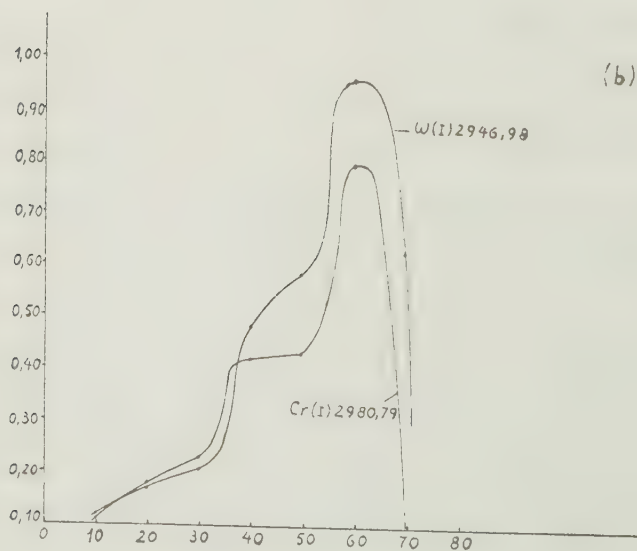


Abb. 1 - Verdampfungskurven für die Paare Be(II)3130,42 - Cr(II)3118,65 (a) und W(I)2946,98 - Cr(I)2980,79 (b) aus dem Durchschnitt zweier Messungen.

↑
S



Photometer der Firma Steinheil München (bei 20 facher Vergrößerung) benutzt. Der Spektrograph war für den Wellenlängenbereich zwischen 2400 und 3500 Å eingestellt. Die Spaltbreite betrug ca. 5 Skalenteile ($=16,75 \mu$). Das Abbrennen erfolgte mit anodischer Anregung bei 9 A und dauerte 110 sec.. Der Anfangsstrom betrug 5 A; die Stromstärke wurde nach 5 sec. auf 9 A erhöht.

Als Filterstufen wurden drei Stufen eines 6-Stufenfilters mit den Durchlässigkeiten 58%, 33% und 12% im Bereich um 3000 Å benutzt.

Zur Registrierung der Aufnahmen wurden Platten Blau extra hart (Sciencia 34B50) der Firma Gevaert verwendet. Der Nullpunkt der S-Skala wurde bei abgekratzter Filmschicht eingestellt.

Plattenbehandlung:

Entwicklung..... 5 Min. in Temal Hydrochinon
(1:6)

Zwischenbad..... kurz in schwach essigsaurem
Wasser

Fixierbad..... 15 Min.

Wässern..... 30 Min.

Netzmittel..... Agepon

Badetemperatur... ca. 22°C

Die Trägerelektroden wurden aus 4,5 mm dicken Graphitstäbchen mit folgenden Maßen angefertigt:

Gesamtlänge ca. 23 mm
Äußerer Halsdurchmesser..... 3 mm
Innerer " 2 mm
Bohrungstiefe 4 mm

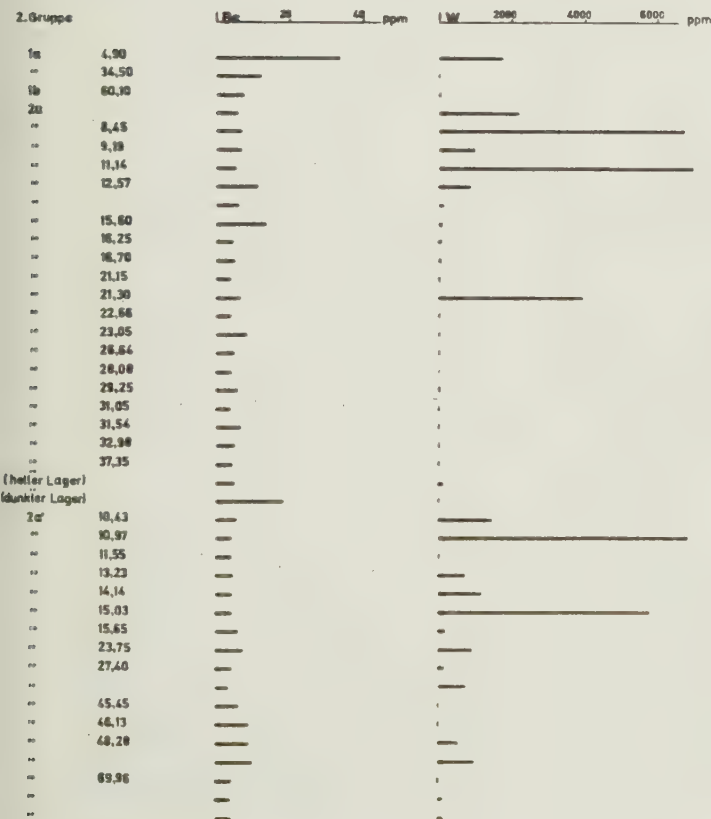
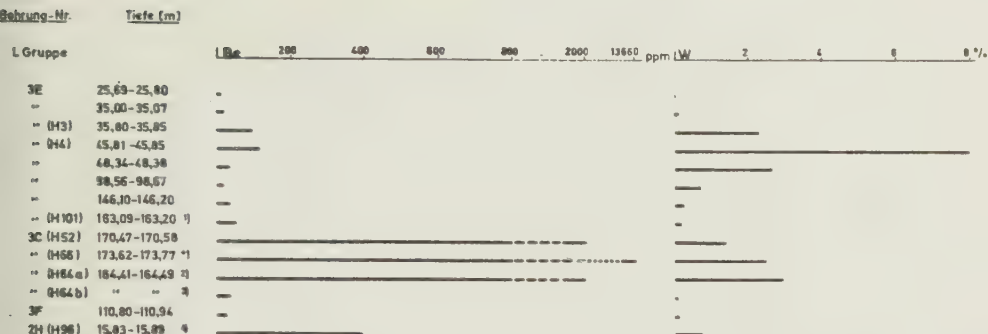
Als Gegenelektroden wurden leicht zugespitzte Kohlestäbchen verwendet.

Jede Probe wurde zwei bis drei Mal abgebrannt. Streuaufnahmen ergaben relative Fehler zwischen 23 und 30%, so daß die Analysenwerte nur als halbquantitativ angesehen werden können. Die Hauptfehlerquelle lag am Photometer-"Stromstabilisator", wo sich manchmal so große Stromschwankungen ergaben, daß die Messungen unterbrochen werden mußten. Da viele der untersuchten Proben Chrom enthielten, wurde für diese, wie schon oben gezeigt, zunächst der Chrom-Gehalt bestimmt. Ich verwendete dafür nach einem Vorschlag vom Herrn Dr. S. Schiemenz die Linien Cr(I) 3021,56 und Pd(I) 3242,56. Dann wurde bei den Be- und W-Bestimmungen die Cr-Beimengung angepaßt, um den Prozentgehalt konstant zu halten.

e) Ergebnisse

Die Ergebnisse der spektralanalytischen Untersuchungen sind auf den Seiten 11 bis 12 sowie 29 bis 38 zusammengefaßt. In den mir zur Verfügung gestellten Proben der Bohrungen 1a, 1b, 2a, 2a' und 2b (Habachserie), ist die Be-Führung sehr gering und eine Beziehung zu Wolfram nicht erkennbar. Die Proben der anderen Serien sind sehr Be-arm oder enthalten gar keines. Auch der Be-Gehalt der Proben aus diskordanten Gängen ist sehr gering. Beziehungen zu Wolfram sind in diesen Serien und diskordanten Gängen kaum fest-

Vergleich des Beryllium- und Wolfram-Gehaltes von berylliumhaltigen Proben (Nachweisgrenze 1ppm Be)



Bohrung-Nr. Tiefe [m]

2. Gruppe		Bz	20	40	ppm	W	2000	4000	6000	ppm
2 b		—				,				
"		—				—				
"	36,08-36,17	—				—				
"		—				,				
"	41,67-41,75	—				,				
"	44,40-44,48	—				—				
"	50,42-50,52	—				—				
(heller Lager)	57,11-57,24	—				,				
(dunkler Lager)	" "	—				,				
"	64,54-64,65	—				,				
"	65,47-65,60	—				,				

Konv. Probe-Nr. Bemerkung

Gesteinsserie

3. Gruppe		Bz	20	40	ppm	W	2000	4000	6000	ppm
*) 13		Habachserie	—			,				
1		"	—			—				
2		"	—			—				
8		"	—			,				
32		"	—			,				
33a	dunkler Lager	"	—			,				
17		"	—			,				
33b	heller "	"	—			—				
11a	heller "	"	—			—				
11b	dunkler "	"	—			—				
9		"	—			—				
22		Kreuzeckgruppe	—			—				
3		Mureckdecke	—			—				
2a	heller Gneis	Diskordante Gangvererzungen	—			,				
5		" "	—			—				
7		" "	—			—				
9		" "	—			—				
18		" "	—			,				
11		" "	—			,				
13		" "	—			—				

*) siehe auch Tabelle, Seiten 34-38

zustellen.

In deutlichem Unterschied zu den oben erwähnten, steht eine Reihe von Proben aus den Bohrungen 2H, 3C, 3D, 3E, 3F, 3H und 4B (Habachserie), wie auf Seite 33 gezeigt wird. Hier sind nicht nur hohe Be-Gehalte sondern auch ein deutliches Zusammenauftreten von Wolfram und Beryllium zu verzeichnen. Dies geht aus der Tabelle auf Seite 11 besonders klar hervor, auf der ein Vergleich der Be- und W-Gehalte von 87 Proben gemacht wurde. Während die 2. und 3. Gruppe kaum Beziehungen zwischen Wolfram und Beryllium erkennen lassen, zeigt die 1. Gruppe einen auffälligen Parallelverlauf der Gehalte beider Elemente. Auffällig in dieser Gruppe sind auch die verhältnismäßig hohen Bi- und Mo-Gehalte.

II. Vorkommen von Beryllium in nicht Be-Mineralien

An dieser Stelle möchte ich die Frage behandeln, ob in Fällen, in denen keine Berylliummineralien beobachtet wurden, das Beryllium bevorzugt im Gitter eines bestimmten Minerals eingebaut ist. Es wurden nur die Bohrkerne der Habachserie verwendet. Wenn das Beryllium im Gitter eines bestimmten Minerals eingebaut wäre, dann würde sein Gehalt im Gestein mit steigendem oder sinkendem Gehalt des Minerals auch steigen oder sinken. Da Gehaltsschwankungen besonders bei einer weiträumigen Stoffverteilung in Verbindung mit magmatischen Vorgängen zu erwarten sind, wurden möglichst viele Proben zur Untersuchung verwendet. Es wurden 25 Modalanalysen angefertigt und die Ergebnisse in Diagramme eingetragen, die auf den Seiten 15 und 16 gezeigt wer-

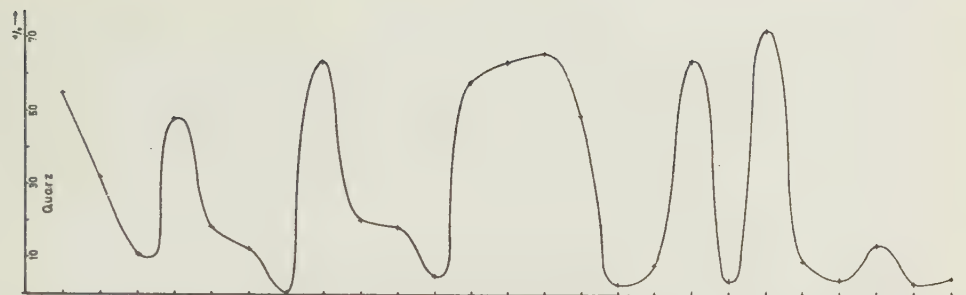
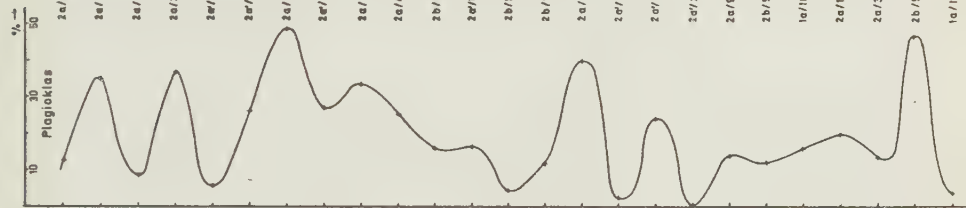
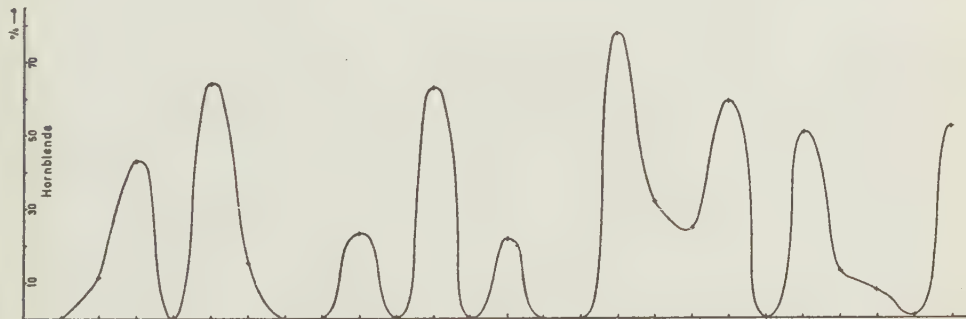
den. Die Proben wurden nach ihrem Be-Gehalt auf der Ordinate so verteilt, daß für Beryllium eine einfache "Verteilungskurve" entsteht. Auf der Abszisse wurden dann die Prozent-Gehalte der verschiedenen Mineralien eingetragen, so daß jedes Diagramm den Gehalt eines Minerals in den verschiedenen Proben in Form von einer Kurve wiedergibt. Jede von diesen Kurven kann mit der Berylliumkurve verglichen werden. Zur Unterstützung dieser Methode wurden mit den fünf Proben, die den höchsten Be-Gehalt aufweisen, Mineraltrennungen durchgeführt, und die daraus gewonnenen Mineralfraktionen spektrographisch analysiert. Das Ergebnis ist aus der Tabelle auf Seite 17 ersichtlich.

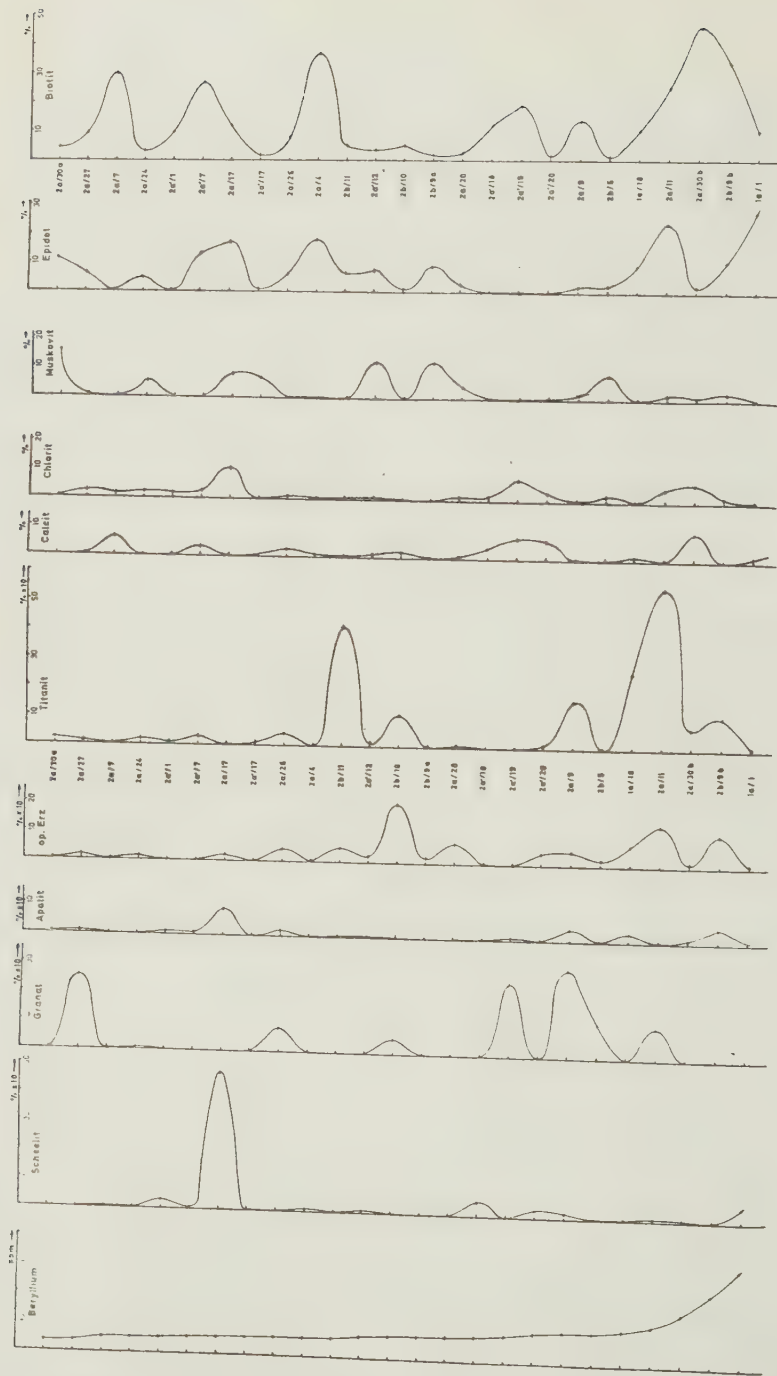
Während die Diagramme keine Bindung des Berylliums an ein bestimmtes Mineral erkennen lassen, zeigt die Tabelle auf Seite 17, daß dieses Element sowohl im Hornblende- als auch im Quarz-Plagioklas-Anteil angereichert ist.

Nach L. BURNOL (1968) kann das Beryllium u. a. im Gitter der folgenden Mineralien eingebaut sein:

Hornblende	-	bis 0,006 % BeO
Plagioklas	-	" 0,01 " "
Apatit	-	" 0,01 " "
Biotit	-	" 0,0x " "
Muskovit	-	" 0,0x " "
Zirkon	-	" 14(?) " "
Chlorit	-	Spuren "
Epidot	-	" "

Vergleich der Berylliumgehalte verschiedener Proben mit ihrer Mineralführung





Halbquantitative Spektralanalyse von Mineral-Fraktionen
aus den 5 Proben mit den höchsten Be-Gehalte (s. Be-"Kurve")

Probe-Nr	Mineral - Fraktion	Be (rel.Menge)
1a / 1	Hbl	+
	Bi	x
	Qu+Plg	+
1a / 18	Hbl	+
	Bi	
	Qu+Plg	x
2a / 30 b	Hbl	++
	Bi+Chl	x
	Qu+Plg+Cal	++
2b / 5	Chl+Gr+Ep	
	Qu+Plg	+
2b / 9 b	Bi	x
	Qu+Plg+Ep	+++

x = nahe der Nachweisgrenze

III. Petrographische Untersuchungen

a) Beryll-führende Proben

Außer Beryll konnten keine anderen Mineralien des Berylliums nachgewiesen werden.

An erster Stelle möchte ich die Proben in denen zweifellos Beryll-Kristalle festgestellt worden sind, ausführlich beschreiben, da eine gründliche Behandlung für die Problemlösung von Interesse sein kann.

Die Probe A1 ist ein Beryll-Biotit-Schiefer der Legbachrinne im Habachtal. Dieser schon von LEITMEIER (1938) u.a. behandelte dunkelbraune Biotit-Schiefer enthält idiomorphe Beryll-Kristalle, die Längen bis etwa 1 cm aufweisen können. Im Beryll eingeschlossen findet man große Apatitkörner sowie kleine Körner von Titanit und ebenso kleine Biotitblättchen. Die blauen und meist geraden Biotitblättchen der Grundmasse enthalten kleine Orthit-Klümpchen, die pleochroitische Höfe erzeugen, sowie Apatit und Titanit. Letzterer ist reichlich vorhanden und seine Körnchen zeichnen die Kleinfaltung des Biotits nach. Der Biotit ist teilweise in einen farblosen Chlorit mit grauer Interferenzfarbe und stets negativem Charakter der Hauptzone umgewandelt und weist fast immer undulöse Auslöschung auf. Da der Chlorit außerdem schwach zweiaxig positiv ist, wurde er als Klinochlor bestimmt. Außer den erwähnten Mineralien kommen dazu noch seltene Quarz-Körnchen die den Biotit verdrängen. Die mit H3 bezeichnete Probe weist poikilitisches Gefüge auf. Hornblende wurde größtenteils in Biotit umgewandelt, der in Form von großen Blättern vorliegt. Die übrigen, kleinen Hornblendekörner

liegen, zusammen eingeschlossen mit stark zertrümmerten Scheelit-körnern, unregelmäßig begrenztem Epidot sowie viel Titanit, regellos in Biotit, Quarz und Plagioklas und verleihen dem Gestein u.d.M. ein Aussehen von Zertrümmerung. Idiomorphe bis hypidiomorphe Beryllblasten findet man sowohl neben Scheelit als auch neben Biotit, Flußspat und Epidot; sie können zahlreiche Einschlüsse des letztgenannten Minerals enthalten. Sowohl Beryll als auch Flußspat verdrängen die Biotitblätter ihrer Umgebung. Quarz und Plagioklas zeigen oft Rekristallisationssäume. Stark pleochroitischer Orthit (rötlichbraun zu hellbraun) mit Epidotsaum wurde beobachtet. Auch die Hornblende ist stark pleochroitisch (Smaragdgrün nach gelblichgrün).

H4 zeigt in einer Grundmasse von Biotit, Quarz und Plagioklas zahlreiche kleine Hornblendekörner (neben Biotit), viel Scheelit, viel Apatit und reichlich Epidot und Titanit. Beryll und Granat sind sehr gut vertreten. Die Scheelitkörner sind xenomorph, weisen Zertrümmerung auf und werden meist von Quarz begleitet. Beryll kann zahlreiche Einschlüsse enthalten von Hornblende, Epidot, Titanit und Scheelit; er wurde manchmal von Quarz siebartig durchlöchert. Biotit wird von Plagioklas stark verdrängt und zeigt oft pleochroitische Höfe, die von Epidot (kein Orthit!) verursacht wurden.

Der in H52 sehr reichlich vorhandene Epidot (kein Orthit!) ist stark radioaktiv und verursacht pleochroitische Säume in Biotit. Der Epidot (Klinozoisit) erscheint in zwei Generationen - sehr unregelmäßige, radioaktive Körner, und lange Säulen bzw. Nadeln die sich manchmal um Scheelitkörner schmiegen. In der Grundmasse, die aus Plagioklas und Hornblende besteht, sind die übrigen Mineralien

regelmäßig verteilt. Der spärlich vorkommende Beryll enthält Hornblende und Epidot. Scheelit kommt in sehr unregelmäßigen Kornaggregaten bzw. Einzelkörnern vor. Außerdem sind noch Muskovit, Apatit und Molybdänglanz zu verzeichnen.

H64 b (dunkle Lage) ist ein Epidot-Quarz-Schiefer mit viel Biotit und reichlich Plagioklas. Scheelit erscheint nur in den Quarzlagen. Calcit und Hornblende kommen oft vor. In der angrenzenden hellen Lage findet man, zwischen Calcit, Quarz und Epidot (Klinozoisit) große und stark zerbrochene Scheelitkörner mit ausgeprägter unidirektionaler Ausrichtung sowie reichlich Apatit und Beryll, dieser zwischen Calcit und Quarz. Entlang der Grenze zur dunklen Lage verläuft ein Molybdänglanzsaum. Beryll und Klinozoisit wurden vom Quarz (Grundmasse) stark zerfressen; der Klinozoisit sieht sogar meist skelettartig aus. Etwas Hornblende und Biotit sind noch zu sehen, sowie Flußspat.

Es folgt nun die Probe H66. In das Nebengestein (Amphibolit) ist ein Quarzband eingeschaltet (Abb.4). Im Kontaktbereich wurde Biotit angereichert. Im unteren Grenzbereich bildete sich äußerlich ein dünner Molybdänglanzsaum mit etwas Scheelit und innerlich, neben Biotit, etwas Scheelit und Hornblende⁺⁾, viel Chlorit (Klinochlor). Das Quarzband selbst ist fast rein. Im oberen Kontaktbereich zeigt sich äußerlich ein dickerer Molybdänglanzsaum und innerlich ein durchschnittlich 7 mm starker Beryllsaum mit viel Scheelit. Der Biotit wurde hier ebenfalls

^{+) 2V = 86 - 88°, C = 13 - 12°}

N - blaßgrün, N - grün, N - blaß grünlich-gelb

weitgehend chloritisiert. Im Beryllsaum⁺⁾ selbst findet man viel Quarz und Klinochlor sowie etwas Hornblende; die Grundmasse besteht aus Beryll und Quarz. Die Beryllkristalle sind idiomorph bis xenomorph ausgebildet und sehr reich an Einschlüssen. Als solche kommen fast ausschließlich feine und regellos orientierte Hornblendekör-

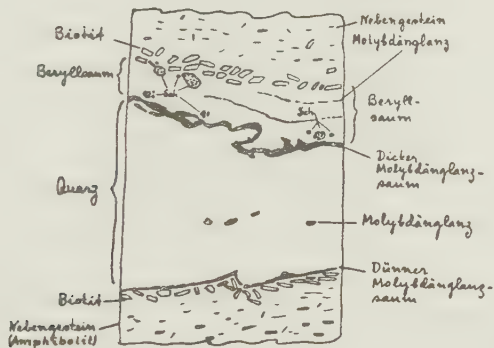


Abb.4: Beryllsaumbildung zwischen Quarz und Amphibolit; (Sch = Scheelit) - Bohrkern, nat. Größe.

ner vor, aber auch Granat konnte ich beobachten. Beryll wird zum Teil von Quarz myrmekitartig durchwachsen. Scheelit erscheint immer zerbrochen und zeigt undulöse Auslöschung. Zu vermerken sind noch kleine aber stark radioaktive Epidotkörnchen, die in Biotit große pleochroitische Höfe verursachen.

^{+) 32,6 % Beryll (Modalanalyse)}

Der Bohrkern H96 zeigt einen scharfen Kontakt zwischen Amphibolit und einer Quarzlage. Dieser, aus über 95% Quarz bestehend, enthält Kupferkies, Magnetkies, Molybdänglanz, Beryll und etwas Scheelit. Kupferkies (sowie Magnetkies) und Molybdänglanz sind getrennt angereichert, wobei die Ersteren sich bevorzugt in der Mitte verteilen, während sich Molybdänglanz zusammen mit Beryll am Rande abgesetzt hat.

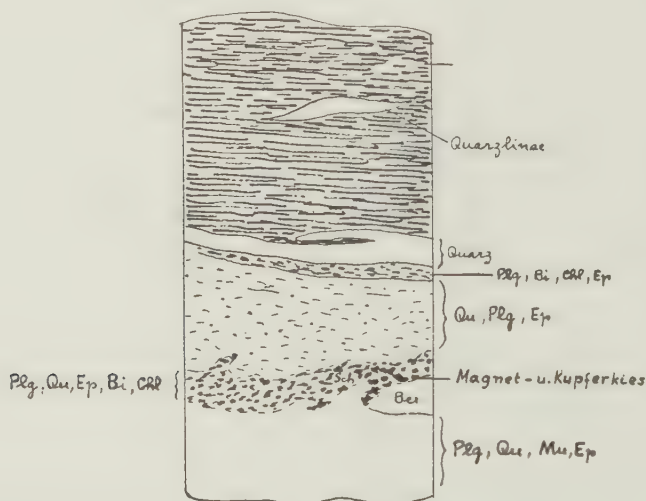


Abb.5: Bohrkern, nat. Größe (Erläuterung im Text)

Wie die Abb.5 zeigt besteht die Probe H101 aus drei Partien: ein mesokratischer mittlerer Teil trennt den oberen (Quarz-Amphibolit) vom unteren (Plagioklas-Quarz-Zone) und stellt ein Gemisch zwischen den beiden dar. Im unteren Teil des mittleren Bereiches liegt eine Anreicherungszone mit Magnet- und Kupferkies, Beryll und etwas Scheelit. In diesem Bereich

findet man auch Flußspat. Sonst führt noch der mittlere Teil etwas Biotit sowie viel Muskovit und Epidot, der oft von Quarz resorbiert worden ist. Die Plagioklasblasten weisen oft Rekristallisationssäume auf und enthalten zahlreiche Einschlüsse, vor allem an Epidot, oder sie werden von Quarz stark durchsiebt.

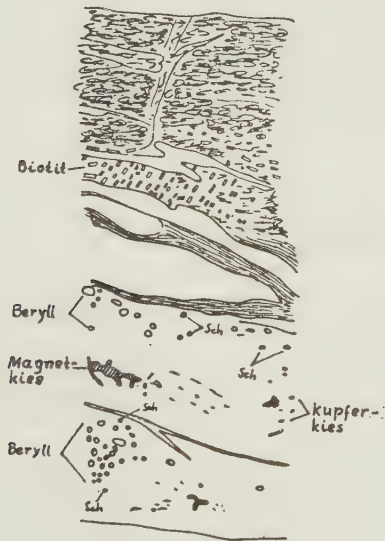


Abb.6: Bohrkern, nat. Größe (Erläuterung im Text)
Sch = Scheelit

Die Scheelitkörner sind meist klein und aus größeren Körnern hervorgegangen. Beryll ist hier meist unregelmäßig ausgebildet. Quarz und Plagioklas werden von ihm oft randlich eingebuchtet. Nicht selten aber wird Beryll von Quarz durchsiebt.

Von Herrn Dr. Höll bekam ich letztlich zwei sehr interessante Bohrkerne, die ich hier noch anschließen möchte.

Der eine stammt aus der Bohrung 28 aus 302,47 - 302,57 m Tiefe. Abb.6 zeigt einen Längsschnitt des Bohrkerns in natürlicher Größe und die Verteilung der schön ausgebildeten smaragdgrünen Beryllkristalle.

Der andere Bohrkern kommt aus einer Tiefe von 109,48 - 109,63 m (Bohrung 4C). Es ist ein weißes Gestein mit cm-langen smaragdgrünen Beryllkristallen. Die Grundmasse besteht aus vielen unregelmäßigen, von Quarz durchhouerten Plagioklasblasten und Quarz. Die Beryllkristalle befinden sich in Quarzlagen, die das Gestein bänderartig durchsetzen.

b) Nicht Beryll-führende Proben jedoch mit erwähnenswerten Be- Gehalten.

Es seien an dieser Stelle noch kurz die Proben beschrieben, in denen selbst keine Berylliummineralien festgestellt werden konnten, die jedoch trotzdem verhältnismäßig hohe Be-Konzentrationen aufweisen.

1a/1 ist ein Hornblende-Klinozoisit-Schiefer mit viel Scheelit. Dieser liegt fast ausschließlich zwischen Hornblende⁺) und Epidotkörnern und ist parallel zu diesen gestreckt und verteilt. Im untersuchten Dünnschliff wurde nur ein einzelnes "Scheelitband" gefunden. Parallel "s" gestreckt findet man Quarzaggregate sowie Plagioklas. Einsprenglingsartig treten seltene, große Hornblenden auf. Neben Hornblende ist oft Biotit zu sehen. Ferner kommen Chlorit, Titanit und etwas Granat vor.

⁺) $2V_a = 76 - 86^\circ$, $\gamma_{AC} = 17 - 13^\circ$

N_β - helles grün, N_γ - Algen grün, N_a - blaßgrün

2a/30b, ein Biotit-Plagioklas-Schiefer, liegt zwischen epidotführenden Quarzschiefern und enthält viel Calcit (lagenartig verteilt), unregelmäßigen Biotit und Chlorit (Klinochlor), kleine Hornblende, etwas Titanit und Epidot, der in Biotit schwache pleochroitische Höfe erzeugt. Die nach "s" gestreckten Plagioklase sind einschlußreich und sehen ziemlich frisch aus.

2b/5 ist ein granatführender Quarz-Plagioklas-Schiefer mit feinen in "s" geregelten Muskovitblättchen, sowie Chlorit. Plagioklas ist fast immer von Quarz fein durchsiebt und unregelmäßig begrenzt. Epidot liegt ebenso wie die selten auftretenden Zirkone meist in Plagioklas. Der meist stark eingebuchtete und resorbierte Granat liegt zwischen den anderen Mineralien und ist örtlich angereichert.

2b/9b - Plagioklas-Biotit-Schiefer.

Das Gestein führt reichlich Epidot, der fein verteilt in Plagioklas und Biotit vorkommt und sich meist nach der Schieferung einordnet. In Plagioklas findet man Biotit, Klinozoisit, Titanit, Apatit, Chlorit und feine Hornblende. Das angrenzende Gestein ist ein Quarz-Epidot-Muskovit-Schiefer (2b/9a), der nahe am 2b/9b spindelförmige Plagioklasstriemen enthält, die parallel "s" verlaufen. Ebenfalls in "s" eingeregelt befinden sich zahlreiche Klinozoisit-Nädelchen sowie feine Muskovit-Blättchen.

D5 - Plagioklas-Quarz-Epidot-Gneis.

Während Quarz als praktisch einschlußfreies Mineral vorliegt, enthalten die Plagioklaskörner zahlreiche Einschlüsse (Epidot, Muskovit, Titanit und Zirkon).

H2 besteht fast ausschließlich aus stark verzahnten, schwach zweiachsigem Quarz (Hauptgemengteile) mit wenigen dünnen Plagioklasbändern. Als Akzessorien findet man Scheelit (oft von Calcit begleitet), Apatit, Titanit sowie etwas Epidot.

In H5 ist eine Quarzmobilisation sehr deutlich: verhältnismäßig große und zertrümmerte Scheelitkörner liegen ausschließlich in Quarz-Lagergängen, die die Hornblendekörner des Nebengesteins bänderartig voneinander trennen. Das Gestein führt reichlich Epidot und viel Plagioklas.

Die Probe H12 besteht aus Quarz mit verstreutem Molybdänglanz.

c) Messungen an Hornblenden der Habachserie

Außer in einigen Extremfällen bei denen für $2V_a$ Werte von 48° bis 54° und für γAC entsprechend 23° bis 20° gemessen wurden, liegt der Durchschnittswert für $2V_a$ bei 84° und für γAC bei 14° . Die pleochroitischen Farben sind: Grasgrün nach N_β , Tiefgrün (mit Stich ins Blaue) nach N_γ und blaßgrün nach N_a . Es handelt sich also vorwiegend um aktinolithische Hornblenden.

d) Ein Quarz-Scheelit-Tuff aus dem Seyfried-Graben

Aus ca. 960 m SH am Seyfried-Graben (Kleinarltal) stammt ein hellgraues, poröses und körniges Gestein, das unter dem Mikroskop in einer kristallinen Quarz-Grundmasse, einsprenglingsartig Scheelitkörner sowie "Quarzglas" aufweist. Letzteres wird meist

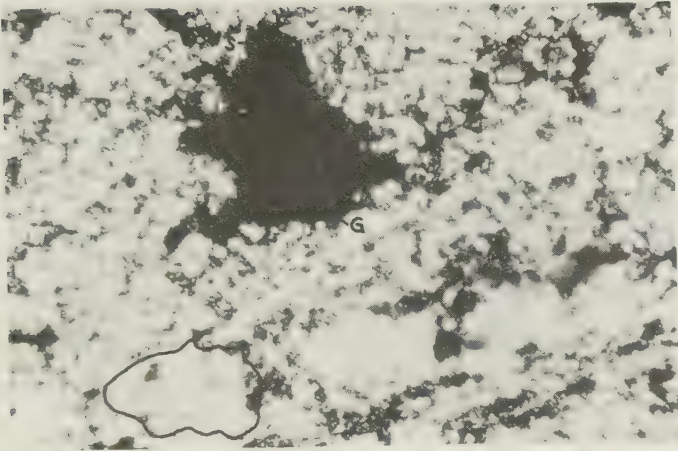


Abb. 7 : "Quarzglas" (G) mit kristallisiertem Saum (S) im Quarz-Scheelit-Tuff. Die großen Quarzkörner sind durch Sammelkristallisation entstanden, die am Korn links unten deutlich erkennbar ist. Vergr. ca 40x b. X Nicols.

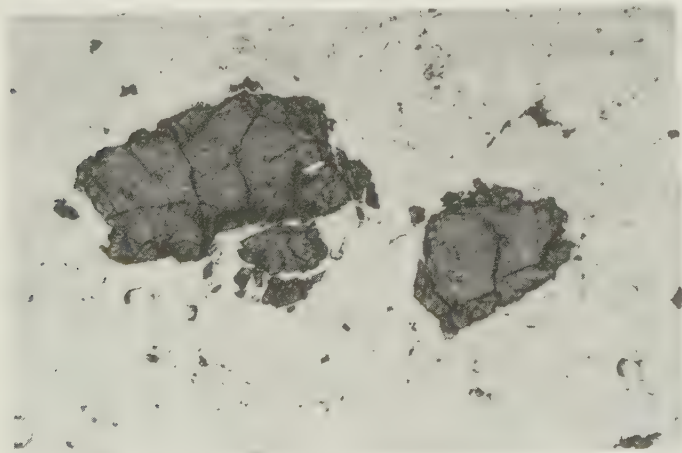


Abb. 8 : Kataklastisch zertrümmerte Scheelitkörner des Quarz-Scheelit-Tuffs. Im Korn rechts ist die ursprüngliche Idiomorphie teilweise erhalten geblieben. Links von ihm zwei Blasenräume. Vergr. ca 40x b. // Nicols.

von kristallisierten Säumen umgeben (Abb.7) und zeigt feine dendrische Gebilde (ausgeheilte Sprungrisse ?), die im allgemeinen in einer bestimmten Richtung eingeordnet sind. Der kristalline Quarzanteil besteht hauptsächlich aus kleinem, verzahnten Körnern, zwischen denen einsprenglingsartig große Quarzkörner liegen, die durch Sammelkristallisation entstanden sind (Abb.7). Das Gestein wurde mylonitisiert, und es entstand wahrscheinlich dadurch eine Art Fließtextur, die stellenweise deutlich zu erkennen ist. Die Mylonitisierung macht sich bei den Scheelitkörnern besonders bemerkbar, welche zerbrochen wurden und undulös auslöschen. Immerhin zeigen sich einige dieser Körner hypidionorm (Abb.8).

Halbquantitative Analyse der untersuchten Proben mit Berücksichtigung einiger
anderen Elemente. x = Nähe der Nachweisgrenze

— Habachserie

Bohrung- u. Probe-Nr	Tiefe (m)	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
1a 1	4,90	x	+				x	Hbl, Ep, Bi
" 2	9,26		++				+++	Hbl, Bi
" 3			+++			x		Plg, Qu, (Hbl)
" 4	10,70		+	x		x		Plg, Qu, Bi, Ep, + helle Lagen aus Qu, Plg, Bi, Mu.
" 5	10,85	x	x				+++	grobkörniger Amphibolit
" 6	11,45		+++					Qu, Plg, Hbl
" 7	15,05						++	Hbl mit Bi-Plg-Qu-Lage
" 8	19,80		+++	x		x	+	Bi, Plg, Chl, Ep, Cal, + Qu-Lagen mit Sch.
" 9	24,15		x				+++	Amphibolit von Qu durchsetzt
" 10	25,80		++			x	+++	Amphibolit mit Sch- führenden Qu-Adern
" 11	26,40	x	+				+++	grobkörniger Amphibolit
" 12	28,90		++				x	Plg, Hbl, Qu, Bi, + Sch-führende Qu-Lagen
" 13	29,67						+++	Hbl, Chl, Bi, Qu
" 14	30,10						+	Hbl, Klz, Qu
" 15	31,60		x			x		Plg, Qu, Bi, Chl
" 16	32,40						+++	Hbl, Klz
" 17	33,32						++++	Hbl, Chl
" 18	34,50	x					+	Plg, Hbl, Qu, Bi
" 19	37,10						+++	Hbl, Bi, Plg, Qu
" 20	42,20						++++	Hbl, Bi, Plg
" 21	47,20						++	Hbl, Plg
" 22	47,55						+	Plg, Hbl
" 23	52,86						+	Hbl, Qu, Plg, Bi
" 24	55,80					x	+	Qu, Plg (heller Lager) Plg, Ep, Bi (dunkler Lage)
" 25	56,35							Plg, Qu
" 26	56,45							Plg, Qu
" 27	59,25	x					+	Hbl, Plg, Qu
" 28	66,88						+	Hbl, Plg

Fortsetzung von Seite 29

Bohrung- u. Probe-Nr	Tiefe (m)	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
1b 1	6,58		++	x		+		Plg, Ep, Bi, Hbl
" 2	7,12							Ep, Bi, Plg
" 3	8,45		++			+		Plg, Ep, Bi, + Sch- führende Qu-Gänge
" 4	9,55		++			x	+++	grobkörniger Amphibolit
" 5	12,68		++			x	++	hell-Gl, Hbl, Cal
" 6	13,19	x	x				+++	Hbl, Bi
" 7	15,70	x	+++			x	+	Plg, Bi, Chl, + Qu-Adern
" 8	17,35	x					x	Plg, Hbl, Chl, Ep
" 9	19,88		+	x	x	x	x	Hbl, Plg
" 10	25,53					+	x	Hbl, Ep, Plg, Qu
" 11	29,06-29,25						++	Hbl, Plg, Bi
" 12a	32,20			x		x	x	Hbl, Plg, Ep
" 12b	"	x						Qu, Plg, Ep, Mu
" 13a	34,85					+		Plg, Qu, Bi
" 13b	"							Qu
" 14a	36,77							Plg, Qu
" 14b	"					x	x	Plg, Hbl, Bi
" 15a							x	Hbl, Plg
" 15b							x	Hbl, Plg
" 16	46,03-46,17			x	x		x	Plg, Hbl, Ep
" 17	55,61-55,81						+	Hbl, Plg
" 18	60,10	x					+	Plg, Bi
" 19	66,29					x		Qu, Plg, Mu
2a 1		x	+			+		Plg, Qu
" 2	5,85							grobkörniger Amphibolit
" 3	6,75							grobkörniger Amphibolit
" 4	8,45	+	+++			++		Plg, Bi, Qu
" 5								Plg, Qu, (Bi)
" 6								Qu, Plg
" 7	9,19	x	++				++	Plg, Bi, Hbl, Qu
" 8	11,14	x	+++	x		+		Plg, Qu, Hbl, Bi

Bohrung- u. Probe-Nr	Tiefe (m)	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
a 9	12,57	x	+			x	+++	Hbl, Plg
10		x	x				++++	Hbl
11	15,60	+				x	+	Plg, Bi, Hbl, Ep
12	16,25	x					+++	Hbl
13	16,70	x		+		+		Ep, Hbl
14	18,20							grobkörniger Amphibolit
15	20,65							grobkörniger Amphibolit
16	21,15	x					+++	Bi, Ku
17	21,30	x	++	x		+		Plg, Ep, Bi
19	22,66	x					+	Hbl, Plg
20	23,05	+						Plg, Qu
21	24,18							Hbl, Ep, Plg
22	26,64	x					++	Hbl, Ep
23	28,08	x				x	x	Hbl, Ep
24	29,25	+						Plg, Qu
25	31,05	x						Plg, Hbl, Qu
26	31,54	+						Plg, Qu, Hbl
27	32,98	+						Plg, Qu, Hbl
28	37,35							Plg, Qu
29	39,12	+					+++	Plg, Qu, Gr
30a		x				+		Qu, Plg (heller Lager)
30b		+					++	Bi, Qu, Plg (dunkler Lager)
31	43,08						++	grobkörniger Amphibolit
at 1	10,43	x	+				++	Hbl
2	10,97	x	++++	x		+		Plg, Qu, Bi
3	11,55	x	x			++	+++	Hbl
4	13,23	x	+				+++	Qu, Hbl
5	14,14	x	++				+++	Hbl
6	15,03	x	++			++	+++	Hbl
7	15,65	x	x			+	++	Plg, Ep, Bi, Hbl
8	16,80		x	+		x		Plg, Bi, Ep, Hbl
9	18,93						+++	grobkörniger Amphibolit
10	19,60	x	++	+		+		Ep, Plg, Chl, Mu
11	20,20						+++	Hbl, Chl
12	23,75	x	+			+		Qu, Plg

Bohrung- u. Probe-nr	Tiefe (m)	Be	W	Sn	Ei	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
2a ¹ 13	27,40	x					++	Hbl, Ep
" 14	30,22							Plg, Hbl
" 14*			+++			+		Qu
" 15		x	++			++		Qu, Plg
" 15*	52,63-52,80	x	+++			++	+++	grobkörniger Amphibolit mit Scheelit u. Epidot
" 16			++			+++		Qu, Ep, Plg
" 17	45,45	x						Qu, Plg
" 18	46,13	+					++++	Hbl
" 19	48,28	+	+			x	+	Plg, Hbl, Bi
" 20		+	++		x	+++	+++	Qu, Hbl
" 21a							x	Plg, Qu, (Mu)-heller Lager
" 21b								Hbl, Plg - dunkler Lager
" 22	62,53					+		Plg, Hbl, Gr
" 23	69,18		x	x		+	x	Hbl, Plg
" 24	69,96	x					+	Hbl, Plg, Qu
" 25	77,08	x				x		Plg, Qu
" 26							x	Ep, op. Erz
" 27		x	x			+++		Plg, Hbl, op.Erz
" 28	131,82						++	Plg, Hbl, Chl
" 29	139,27						+	Qu, Hbl, Gr
" 30	140,65						++	Plg, Chl, Mu, op.Erz
" 31	148,40						++	Mu, Chl, Plg, Qu, op.Erz
" 32	150,25							Qu, Chl, Mu
2b 1		x					+++	Hbl
" 2	22,08-22,23					x	+++	Hbl, (Plg)
" 3		x		x		+	+	Hbl
" 4	36,08-36,17	x	+			x	++	Hbl, Plg
" 5		+				++		Qu, Plg, Mu
" 6	41,67-41,75						+	Hbl
" 7	44,40-44,48	x	+			++++	++	Hbl
" 8	50,42-50,52	x		x		+		Plg, Qu, Hbl
" 9a	57,11-57,24	+				x		Qu, Mu, Plg (heller Lager)
" 9b	" "	++		+			x	Plg, Bi, Ep (dunkler Lager)
" 10	64,54-66,65	+		x			x	Qu, Hbl, Bi
" 11	65,47-65,60	x		x			x	Hbl, Plg
" 12							x	Hbl, Plg

Fortsetzung von Seite 32

Bohrung-Nr (Probe-Nr)	Tiefe (m)	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
2H (H96)	15,83-15,89	++++	+++		++++	++++		Qu-Lager
"	302,47-302,57	+++	+++++		++++	++++	++	s. Abb.
3C	94,22-94,30	+++	+++				++	Hbl, Plg
" (H64b)	164,41-164,49	++	++	+		+		Ep, Bi, Qu, Plg (dunkler Lager)
" (H64a)	" "	++++	++++			+		Qu, Sch, Ep, Cal (heller Lager)
" (H52)	170,47-170,58	++++	+++	+	+++	++	++++	Plg, Ep, Hbl
" (H66)	173,62-173,77	+++++	++++		+++++	++++		Beryll, Qu
"	199,04-199,14	+++	++			+++	++	Plg, Qu, Bi (heller Lager)
"	" "							Hbl, (Plg) (dunkler Lager)
3D	266,17-266,26	++	+++		+	++++		Gneis
3E	25,69-25,80	+				+		Plg, Gr
"	35,00-35,07	++	++		++++	x	++	Qu, Plg
" (H3)	35,80-35,85	++++	++++	+++	++	+	++	Plg, Qu, Bi, Hbl
" (H4)	45,81-45,85	+++	++++	+	+	++	+	Plg, Bi, Sch, Ep
"	48,34-48,38	+++	++++	++	+	+	++	Plg, Hbl, Qu
"	98,56-98,67	++	+++		++++	+++		Mu-Schiefer
"	103,67-103,73	++	+	x	++	++	+	Hbl
"	140,63-140,79	+++	+	+	+	+++		Hbl, Plg, Bi, Qu
"	146,10-146,20	++	+++		++	++++		Bi-Gneis
"	152,33-152,44	+++	+	x		+++	++	Bi-Gneis + Amphibolit
" (H101)	163,09-163,20	+++	++					Plg, Qu (mittlerer Teil)
"	204,56-204,73	+++	+++	+	x	++++		Plg, Qu, Bi
3F	110,80-110,94	++	+	+	+++++	+++++		Qu
3H	155,45-155,59	++	++	++	++++	+++		Plg, Qu, Mu
4E	122,97-123,05	++	++++		+++++	++++	++	Qu

Fortsetzung von Seite 33

Konv.Nr	Fundort	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
1	Lag. Felbertal	+	+++			++	+++	Amphibolit
2	"	x	+					Qu, Sch, Ep, Plg
3	"		++++			+++		Qu, Plg, Sch
4	"		++++			+++		Qu, Plg, Sch
5	"	x	+++			+		Qu, Plg, Sch
6	"						x	grobkörniger Amphibolit.
7	"	+	+++			+		Qu, Sch
8	"	+		x		+		heller Gneis
9	"	x	++++			++		Plg, Bi, Ep, (hell Bände - Qu + Sch)
10	"	+++	+++	x	x	+++	++	Durchschn.aller Pro
11a	Felbertal	x	++++			++		Qu-Band (heller Lag
11b	"	+	++			++++		Amphibolit (dunk.L
12	"		+++			++		Qu
13	Habachtal	+		+				Biotitschiefer (Bi Beryll) -Grundmass
14	"		+				+	schiefriger Biotit gneis.
15	"		+					Qu mit ZnS
16	"		+					Ep, Hbl, Plg, (Bi)
17	Stubachtal	x		x				vergneister Granit
18	"		+++++					"Zentralgneisgeröll
19	"						x	Cal, Cr-Mu, Qu
20	Obersulzbachtal	+	++					grobkörniger Amphibolit.
21	"		++					Gneis
22	"		x					Hbl, Qu, Bi, Ep
23	"		++					Qu, Plg, (Hbl,Gr,C
24	"						++	grobkörniger Amphibolit.
25	Hollersbachtal							"Metadiabasporphyri
26	"		x				+++	Qu, Bi, CaF ₂ , Ep
27	"					+	+++	Qu, Mu, Bi
28	"	+	++++			+		Chl, Cal, Qu, Mu
29	"							Qu
30	"	+++	++++	+		+++	x	"Scheelit führende Gerölle" (Plg,Ep,B
31	"						++	grobkörniger Ep-Amphibolit

Prov.Nr	Fundort	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
2	Petersbach - Felbertauernstr.							Biotitgneis
3a	Str. zum Matrei- er Tauernhaus	x					x	Biotitgneis (dunkler Teil)
3b	"	x	++			x		Qu-Glimmerschiefer (heller Lager)
4	Matreier Tau- ernhaus (Fel- bertauern)				x			Plg, Bi, Magnetkies, Ap, Ep, (Sch)

Radstädter Quarzphyllit-Serie

	Kleinarltal	+++						Kalk-Dolomit
	"							Quarzit
	"	+++					+	Dolomit mit Cal-Adern
	"	+++						"Dolomit"
	"	+++++					x	Qu, Cal, Sch
	"	x						"Scheelitführender Do- lomit-Karbonat-Schiefer
	"	++++						Cal, Qu, (Sch)
	"	+++++				x	x	"Erzschiefergeröll"
	"							"Sch-führender kies- eliger Dolomit"
0	"	++						"Fe-Dolomitgeröll"
1	"							Qu, Cal, Sch (derb)
2	"	+++						"Sch-führender kies- eliger Dolomit"
3	"	+++						Qu-Glimmer-Schiefer
4	"							Dolomit mit Cal-Adern
5	"	++					x	Dolomit
6	"	+++						Quarz-Scheelit-Tuff
7	"	+						Sch-führender Dolomit
8	"							Plg, Qu, Chl, Cal, (Hbl)
9	Großarlal							heller Gneis

Konv.Nr.	Fundort	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
<u>— Thurntaler Quarz-Phyllit-Serie</u>								
1	Innervillgraten							
	- Außervillgraten		++++				+	Qu, Plg, Hbl, (Ep, Ap)
2	Innervillgraten		++++				+	Qu, Plg, Hbl, Sch
3	"		+++++				+	Mylonit-Gneis
4	"		++++				++	"Sch-führender Ep- Amphibolit"
<u>— Mureckdecke</u>								
1	Schelgaden		++++					Qu
2	"		++++					Qu
3	"	x	x			x		Qu
4	Liesertal		++++					Quarzit mit Pyritlagen
<u>— Silvretta-Kristallin</u>								
1	Konstanzer Hütte							Ep, Qu, Hbl, (Sch)
2	"		++++			+	x	Qu, Sch, Ep, Hbl
3	"		+++++				x	Qu, (Sch)
4	"		++++	+				Ep, Qu, (Sch, Chl, Hbl)
<u>— Oneislamelle I</u>								
1	Großfleißtal		++			++	x	Cal, Qu, Sch
2	"		+			+	+	Quarzit
3	Kleinfleißtal							"Quarzit mit Kies und Scheelit"

Konv.Nr.	Fundort	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
<u>Diskordante Gangvererzungen</u>								
1	Kolm-Saigurn (Rauristal)							Pyrit
2a	"	x					x	Qu
2b	"		+					Biotitgneis
3	"		+++++					Quarzit mit Pyrit
4	"		+++					Quarzit
5	"	x	++			x		heller Gneis
6	"						x	Biotitgneis
7	"	x	+++					Qu + Pyrit
8	"	x					x	Biotitgneis
9	"	x					x	gebänderter Biotit- gneis
10	"							Hbl, Plg, Bi, (Qu)
11	"	x					x	gebänderter Biotit- gneis
12	"						x	verschieferter Gneis
13	"	x	x			x		Granit
14	"						x	Biotitgneis m. Qu-Lager
15	"	x						Chl-führ. Qu-Plg-Gneis
16	Mitterasten (Rauristal)	x	+++++				+	Qu, Bi
17	Mitterach-Alm (Rauris)		+					Qu + Bi -Pützen
18	Woisgen-Schiefer x in Kärnten						x	mittelkörniger Augen- gneis

Konv.Nr	Fundort	Be	W	Sn	Bi	Mo	Cr	Hauptbestandteile bzw. Bezeichnung
1	Gurserkammer (Kreuzeckgruppe)						+	"Amphibolit"
2	"							"Kiesführende "Tuff" "
3	"	x					x	"Granatglimmerschiefer"
4	"							"Kiesführendes Grün- gestein"(Qu-Phyllit?)
5	"							Quarzphyllit ?
6	"	x					x	Quarzphyllit
7	"	x						Qu-Glimmerschiefer
8	"	x					x	"Tuff" (Quarzit)
9	Rabant (Kreuzeckgruppe)	x					x	"Tertiäres Janggestein" (Diabas ?)
10	"	x						"Granatglimmerschiefer"
11	"	x						"Glimmerschiefer in Dia- bas"
12	"	x					x	Glimmerschiefer
13	"	x					x	Phyllit
14	"	x					x	"Graphitschiefer"
15	Edenganz (Kreuzeckgruppe)						+	"Metadiabas"
16	"	x					x	"Glimmerschiefer im Liegend d. Vererzung"
17	"						x	"Amphibolit"
18	"	x						"dunkler Glimmerschiefer"
19	"	x						"Glimmerschiefer"
20	"	x						"Quarzit"
21	"	x	++++				x	"Scheelit-Vererzung"
22	Lessnig Kreuzeckgruppe)		+++					"Scheelit-Vererzung"
23	"	x	++				x	Plg, Qu, (Sch, Gr)
24	Obertilliach (Gailtal)	x					x	Qu, Plg, Serizit

G) Zusammenfassung

— Die höchsten, von mir bestimmten Beryllium-Gehalte, wurden in der Habachserie festgestellt. Diese Serie gehört dem Paläozoikum an (FRASL und FRANK, 1966). Die in anderen Serien gefundenen Konzentrationen sind meist sehr gering, was vielleicht auf die verhältnismäßig kleine Anzahl der analysierten Proben zurückzuführen ist. Das Beryllium kommt hauptsächlich, zusammen mit Scheelit, in hellen, quarzreichen Lagen vor. Alle Beryllium- oder Wolfram(Scheelit)-Funde, die aus der allgemeinen Literatur entnommen wurden, liegen, mit Ausnahme vom Milarit-Fundpunkt 96, im Paläozoikum. Damit wird zwangsläufig eine Zeit- und Schichtgebundenheit des Berylliums festgestellt, sowie eine enge Beziehung zu Wolfram.

— Einzig gefundenes Berylliummineral ist Beryll.

— Berylliumreiche Proben enthalten außer Wolfram erhöhte Mo-, Bi-, F- und Sn-Gehalte. Schon HABERLANDT (1941) und HABERLANDT und SCHIENER (1951) stellten in ihren schönen Darstellungen das Zusammenauftreten von Beryllium, Wolfram- und Molybdän-Mineralien bzw. Beryll, Scheelit und Molybdänglanz fest; die Stoffherleitung für deren Bildung sahen sie aber eher in Verbindung mit syenitischen bis granitischen Magma- bzw. Migmaherden und deren Restlösungen, als im Nebengestein. Über die Frage der Stoffherleitung im Gebiet um Badgastein sagen HABERLANDT und SCHIENER (1951, S.326): "Die Frage der Stoffherleitung bei der Mineral- und Erzbildung ist eines der noch immer heiß umstrittenen Probleme der Gegenwart". Nun scheint mir,

an Hand der Auffassung von MAUCHER (1965) und MAUCHER und HÖLL (1968) sowie eigene, vorstehende Beobachtungen, diese Frage leicht zu beantworten — die 'svenitischen bis granitischen Herden und ihre Restlösungen waren lediglich die "Stofftransporter" und nicht die "Stoffspender", denn der Stoff steckte schon in den altpaläozoischen Schichten.

— Um die Anreicherung von Beryllium in berylliumfreien Mineralien zu untersuchen, wurde eine Methode entwickelt, die über andere den Vorteil hat, daß man mit einem verhältnismäßig geringen Arbeitsaufwand, praktisch jedes Mineral eines Gesteins erfassen kann. Die schwache Seite meiner Methode kann daran liegen, daß bei weit auseinander liegenden Proben, große Verhältnismäßigkeitsunterschiede zwischen Mineral- und Element-Gehalt auftreten können. Es empfiehlt sich daher, den Untersuchungsraum möglichst klein zu halten. Am besten sollen die Proben aus einer und derselben Schicht bzw. Horizont entnommen werden. Außerdem sollen Dünnschliff und Gesteinspulver der gleichen Probe angehören. Eine korrekte Durchführung der Modalanalyse ist auch erforderlich; hierfür ist die Chayes-Theorie (CHAYES, 1956) sehr beachtenswert. Interessant im "Kurven"-Diagramm ist immerhin der ähnliche Verlauf der Titanit- und Opakerz-"Kurve", der für eine Beziehung zwischen diesen Mineralien und Beryll spricht. Tatsächlich entspricht eine Erhöhung des Titanit-Gehaltes auch einer Erhöhung des Gehaltes an opakem Erz (vorwiegend Magnet- und Kupferkies), trotz der frei gewählten Form der Be-"Kurve".

Literaturverzeichnis

- BEUS, A. "Geochemistry of Beryllium"
W. H. Freeman & Comp., S. Francisco
& London, 1966.
- BURNOL, L. "Le Béryllium", Bull. du B.R.G.M.,
Sec. II, 2^{ème}, Serie, N^o 2, 1968, Paris.
- CANAVAL, R. "Die Erzgänge der Siglitz bei Böckstein
in Salzburg"
Zeitsch. f. prakt. Geol. 1911, S. 257-
- CHAYES, F. "Petrographic modal analysis",
John Wiley & Sons, New York, 1956.
- EXNER, Ch. Geol. Karte der Umgebung v. Gastein
Geol. Bundesanst. Wien, 1956.
- FRASL, G. u.
FRANK, W. "Zur Mineralogie und Geologie des Landes
Salzburg und der Tauern", 15. Sonderheft
d. Zeitschrift "Der Aufschluss",
V.F.M.G. e.V. Heidelberg 1966.
- FRASL, G. "Zur Seriengliederung der Schieferhülle
in den mittleren Hohen Tauern"
Jhb. Geol. B.A. (1958), Bd.101, Hf.3,
S. 323-472.
- HABERLANDT, H. "Gehalt v. selt. Erdmetallen u. Uran in
bestimmten Scheelitvorkommen"
"Chemie der Erde" 1941, 14. S. 107-130.
- HABERLANDT, H.
u. SCHIENER, A. "Die Mineral- u. Elementvergesellschaftung
d. Zentralgneisgebietes v. Badga-
stein (Hohe Tauern)"
Tscher. Miner. Petrogr. Mitt. 3. Folge
Hf.3 (1951), S. 292-354.

- HIMMELBAUER, A. "Sammelber. üb. einige neu. schöne Mineralvork. aus d. Ostalpen"
Fortschr. Miner. 23., Berlin 1939,
S. 132-134.
- HÖLL, R. "Scheelitvorkommen in Österreich"
"Erzmetall", Bd. 24 (1971), Hf. 6,
S. 273-282.
- KIESLINGER, A. "Die nutzbaren Gesteine Kärntens"
17. Sonderheft d. Carinthia II, Klagenfurt 1956.
- KOECHLIN, R. "Über den österreichischen Euklas"
Min. Petrogr. Mitt. 24., 1905,
S. 329-331.
- KONTRUS, K. Kurzbericht in Tscherms. Min. Petrogr.
Mitt. 1956, 3. Folge, 5
S. 413-415.
- LAHUSEN, L. "Die schicht- und zeitgebundenen Antimonit-Vorkommen und Zinnobervererzungen der Kreuzeck- und Goldeckgruppe in Kärnten und Osttirol, Österreich"
Inaug. Dissert. d. Univ. München, 1969.
- LEITMEIER, H. "Smaragdbergbau und Smaragdgewinnung in Österreich", in Berg- u. Hüttenmännische Monatshefte, Leoben, 86. Jg. Hf. 1/2 (1938), S. 3-12.
- MEIXNER, H. "Neue Mineralfunde in den österreichischen Alpen XIV", in Carinthia II, Klagenfurt 1955, S. 10-25.
- MEIXNER, H. "Berylliumminerale in den Alpen"
"Der Aufschluss" 1957, Hf. S. 50-52.
- MAUCHER, A. "Die Antimon-Wolfram-Quecksilber-Formation u. ihre Beziehungen zu Magmatismus u. Geotektonik", Freiburger Forschungshefte, Hf. C 186, S. 173-188, 1965.

- MAUCHER, A. u.
HÖLL, R. "Die Bedeutung geochemisch-stratigraphische Bezugshorizonte für die Altersstellung der Antimonitlagerstätte von Schleining im Burgenland, Österreich", Mineral. Deposita (Berl.)3, S. 272-285, 1968.
- PIERUCCINI, R. "Determinazione stettrografica del berillio in alcune rocce sedimentarie dell' appennino tosc-emiliano" Spectroch. Acta 1943, Bd.2, S. 269-290.
- STRASSER, A. "Vier neue Scheelit-Fundpunkte in Salzburg", "Der Aufschluss" 1973, Hf.3, S. 61-62.
- TOLLMANN, A. "Ostalpensynthese" Verl. Franz Deuticke, Wien 1963.
- WAGNER, H. "Geologisch lagerstättenkundliche Untersuchungen im Bereich des Kleinarltales, Salzburg, Österreich". Inaug. Dissert. d. Univ. München, 1972.
- WARNER, L. A.
u. Mitarbeiter "Occurence of non pegmatite beryllium in the United States" Geol. Surv. Prof. Paper, U.S.A. n° 318.

Nachwort

Meinem verehrten Lehrer und Doktorvater Albert MAUCHER, gilt mein erster und aufrichtiger Dank für die Übertragung dieser Arbeit.

Für meine Kollegen D. Knittel, T. Noussinanos und V. Voultsidis vom Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität München, die mir vor allem bei der Mineralien-Trennung erste Hilfe geleistet haben, spreche ich meinen herzlichen Dank aus. Bei den Herren Dr. L. Masch sowie Dr. S. Schiemenz vom gleichen Institut, die mir die benötigten Untersuchungsgeräte stets prompt zur Verfügung stellten, bedanke ich mich ebenfalls sehr.

Meinen verbindlichen Dank gegenüber dem Institutsleiter, Herrn Professor H. G. Huckenholz, möchte ich hiermit besonders zum Ausdruck bringen.

Herrn D. Knittel, der bei der Formulierung dieser Arbeit mir teilweise geholfen hat, nochmals vielen Dank.

Frl. E. Weirisch für die stets freundliche und rasche Anfertigung der Dünnschliffe, sowie Frl. E. Schmidt für die technische Einführung in die Spektralanalyse, möchte ich auf dieser Seite nicht vergessen meinen Dank zu bekunden.

Die meisten von mir untersuchten Proben wurden vom Herrn Dr. R. Höll gesammelt, bei dem ich mich sehr bedanke.

Herrn Dr. I. Fruth, für eine vier monatige finanzielle Unterstützung, bedanke ich mich vielmals.

Dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) bin ich für eine einjährige großzügige finanzielle Hilfe sehr zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf

Name	Jorge Ferreira CARDOSO
geboren am	5. Oktober 1937
in	Porto Amélia (Mozambique)
Eltern	Antonio Cardoso Ribeiro, Krankenwärter, und Amélia Ribeiro geborene Ferreira
Schulen	1944 bis 1949 - Volksschule 1949 bis 1957 - Gymnasium
Studienweg	1957 bis 1958 - T.H. Lissabon 1958 bis 1959 - T.H. Lüttich (Belgien) Nov. 1960 bis Dez. 1967 - Universität München (Vordiplom - Nov. 1963; Diplomarbeit - Aug. 1965 bis Aug. 1967; Diplomhauptprüfung - Dez. 1967) Okt. 1968 bis Juni 1973 Promotionsarbeit
Berufsausübung	Mai 1971 bis jetzt als wissenschaftlicher An- gestellter im Bayerischen Geologischen Landes- amt München.

Meine akademischen Lehrer an der Universität München waren:

G. ANGENHEISTER, H.J. AUTRUM, L. BRAUNER, R. DEHM, A. FAESSLER,
H. FEHN, G. FISCHER, O. FÖRTSCH, H. HAGN, A. MAUCHER, G. MENZER,
E. WIBERG.

